



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월07일

(11) 등록번호 10-2336637

(24) 등록일자 2021년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 1/10 (2006.01) *B64C 39/02* (2006.01)
G05D 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05D 1/104 (2013.01)
B64C 39/024 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0158083
(22) 출원일자 2020년11월23일
심사청구일자 2020년11월23일

(73) 특허권자
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
이형준
서울특별시 강남구 선릉로69길 19, 103동 101호 (역삼동, 역삼래미안아파트)
성재이
서울특별시 서초구 동광로43길 11, 401호 (반포동, 청천빌라)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유한)아이시스

전체 청구항 수 : 총 11 항

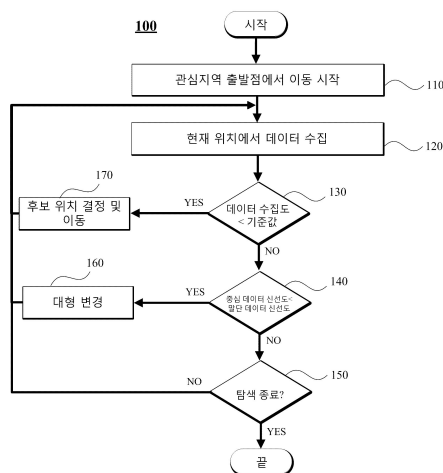
심사관 : 박지은

(54) 발명의 명칭 **무인 비행체 군집의 관심지역 탐색 방법**

(57) 요약

무인 비행체 군집의 관심지역 탐색 방법은 무인 비행체 군집이 제1 대각 대형을 이루어 관심지역 탐색을 시작하는 단계, 상기 무인 비행체 군집이 현재 위치를 기준으로 데이터를 수집하는 단계, 상기 무인 비행체 군집이 현재 위치에서 데이터 수집도가 기준값 미만인 경우, 상기 관심 지역에서 이동할 후보 위치를 결정하고, 후보 위치로 이동하는 단계 및 상기 무인 비행체 군집이 상기 무인 비행체 군집의 중심의 데이터 신선도와 상기 무인 비행체 군집의 양쪽 말단들의 데이터 신선도를 비교하여, 상기 중심의 데이터 신선도가 상기 말단들 중 적어도 하나의 데이터 신선도보다 작은 경우 제2 대각 대형으로 변경하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

G05D 1/0027 (2013.01)

B64C 2201/12 (2013.01)

B64C 2201/143 (2013.01)

(72) 발명자

윤진이

인천광역시 남동구 호구포로 803, 2411동 2101호
(구월동 롯데캐슬골드2단지아파트)

조제희

경기도 성남시 분당구 미금로 251, 709동 1501호
(금곡동, 청솔마을)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711114390

과제번호 2018R1A2B6004006

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)

연구과제명 사물인터넷 기기들간의 효율적인 컴퓨팅, 저장공간, 네트워크 자원 공유를 통한 로
컬 기반 분산 처리를 위한 포그 네트워크 아키텍처 설계

기 여 율 1/1

과제수행기관명 이화여자대학교

연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

무인 비행체 군집이 제1 대각 대형을 이루어 관심지역 탐색을 시작하는 단계;

상기 무인 비행체 군집이 현재 위치를 기준으로 데이터를 수집하는 단계;

상기 무인 비행체 군집이 현재 위치에서 데이터 수집도가 기준값 미만인 경우, 상기 관심 지역에서 이동가능한 후보 위치에 대한 점수를 결정하고, 상기 점수를 기준으로 최종 후보 위치로 이동하는 단계; 및

상기 무인 비행체 군집이 상기 무인 비행체 군집의 중심의 데이터 신선도와 상기 무인 비행체 군집의 양쪽 말단들의 데이터 신선도를 비교하여, 상기 중심의 데이터 신선도가 상기 말단들 중 적어도 하나의 데이터 신선도보다 작은 경우 제2 대각 대형으로 변경하는 단계를 포함하는 무인 비행체 군집의 관심지역 탐색 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 무인 비행체 군집 중 대형의 중심의 가장 가까운 무인 비행체가 상기 데이터 신선도, 상기 데이터 수집도 및 상기 후보 위치 결정을 연산하는 무인 비행체 군집의 관심지역 탐색 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 데이터 신선도는 상기 무인 비행체 군집이 가장 최근에 수집한 데이터가 경과한 시간을 기준으로 결정되는 무인 비행체 군집의 관심지역 탐색 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 무인 비행체 군집의 중심의 데이터 신선도가 상기 무인 비행체 군집의 양쪽 말단들 모두의 데이터 신선도보다 기준값 이상 작거나,

상기 무인 비행체 군집의 중심의 데이터 신선도가 상기 무인 비행체 군집의 양쪽 말단들 중 어느 하나의 데이터 신선도보다 기준값 이상 작은 경우

상기 제2 대각 대형으로 대형을 변경하고, 현재 위치에서 데이터 수집을 계속하는 무인 비행체 군집의 관심지역 탐색 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 점수는 상기 무인 비행체 군집의 데이터 수집도 및 후보 위치까지의 이동 거리를 기준으로 연산되는 무인 비행체 군집의 관심지역 탐색 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 점수는 아래 식으로 연산되고, 상기 점수가 가장 높은 위치가 상기 최종 후보 위치로 결정되는 무인 비행체 군집

의 관심지역 탐색 방법.

$$priorityScore_t(g) = dataUtility_t(g) - \beta \cdot D(g_{cur}, g)$$

$$dataUtility_t(g) = \sum_{c \in coverableCellList(g)} (1 - dataFreshness_t(c))$$

priorityScore_t(g)는 시간 t에서 위치 g에 대한 상기 점수이고,

coverableCellList(g)는 현재 무인 비행체 군집의 위치에서 센싱가능한 셀의 리스트, dataFreshness_t(c)는 시간 t에서 셀 c에 대한 데이터 신선도, D(g_{cur},g)는 현재 위치 g_{cur}에서 후보 위치 g까지의 이동 거리, β는 페널티 인자임.

청구항 7

복수의 무인 비행체를 포함하는 무인 비행체 군집을 포함하되,

상기 무인 비행체 군집은 제1 대각 대형을 이루고, 상기 복수의 무인 비행체 중 상기 대각 대형의 중심에서 가장 가까운 어느 하나의 무인 비행체가 상기 무인 비행체 군집의 대형 및 이동 경로를 제어하고,

상기 어느 하나의 무인 비행체는

상기 무인 비행체 군집의 중심의 데이터 신선도와 상기 무인 비행체군집의 양쪽 말단들의 데이터 신선도를 비교하여, 상기 중심의 데이터 신선도가 상기 말단들 중 적어도 하나의 데이터 신선도보다 작은 경우 제2 대각 대형으로 변경하도록 제어하고,

상기 무인 비행체 군집이 현재 위치에서 데이터 수집도가 기준값 미만인 경우, 관심 지역에서 이동가능한 후보 위치에 대한 점수를 결정하고, 상기 점수를 기준으로 최종 후보 위치로 이동하게 제어하는 관심지역을 탐색하는 무인 비행체 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 어느 하나의 무인 비행체는

상기 무인 비행체 군집의 중심의 데이터 신선도가 상기 무인 비행체 군집의 양쪽 말단들 모두의 데이터 신선도보다 기준값 이상 작거나,

상기 무인 비행체 군집의 중심의 데이터 신선도가 상기 무인 비행체 군집의 양쪽 말단들 중 어느 하나의 데이터 신선도보다 기준값 이상 작은 경우

상기 제2 대각 대형으로 대형을 변경하도록 제어하는 관심지역을 탐색하는 무인 비행체 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 데이터 신선도는 아래 수식으로 결정되는 관심지역을 탐색하는 무인 비행체 시스템.

$$dataFreshness_t(c) = \alpha^{t-t_{last}(c)}$$

(dataFreshness_t(c)는 시간 t에서 셀 c에 대한 데이터 신선도, t_{last}(c)는 셀 c에서 최근 데이터를 수집한 시간, α는 데이터 신선도 연산을 위한 단위 수치)

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 점수는 상기 무인 비행체 군집의 데이터 수집도 및 후보 위치까지의 이동 거리를 기준으로 연산되는 관심 지역을 탐색하는 무인 비행체 시스템.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 점수는 아래 식으로 연산되고, 상기 어느 하나의 무인 비행체는 상기 점수가 가장 높은 위치가 상기 최종 후보 위치로 결정되는 관심지역을 탐색하는 무인 비행체 시스템.

$$priorityScore_t(g) = dataUtility_t(g) - \beta \cdot D(g_{cur}, g)$$

$$dataUtility_t(g) = \sum_{c \in coverableCellList(g)} (1 - dataFreshness_t(c))$$

(priorityScore_t(g)는 시간 t에서 위치 g에 대한 상기 점수이고,

coverableCellList(g)는 현재 무인 비행체 군집의 위치에서 센싱가능한 셀의 리스트, dataFreshness_t(c)는 시간 t에서 셀 c에 대한 데이터 신선도, D(g_{cur}, g)는 현재 위치 g_{cur}에서 후보 위치 g까지의 이동 거리, β는 패널티 인자임)

발명의 설명

기술 분야

[0001] 이하 설명하는 기술은 무인 비행체들 군집을 이용한 관심지역 탐색 기법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicles, UAV)는 최근 다양한 분야에서 활용되고 있다. 무인 비행체는 특정 영역을 감시하거나, 무선 통신 인프라가 없는 지역에 통신 서비스를 제공할 수도 있다. 한편, 하나의 UAV가 아닌 UAV 군집을 이용한 서비스도 등장하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 미국공개특허 US2015-0301529호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 이하 설명하는 기술은 UAV 군집이 관심지역(Region of Interest, ROI)을 탐색하는 기법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0005] 무인 비행체 군집의 관심지역 탐색 방법은 무인 비행체 군집이 제1 대각 대형을 이루어 관심지역 탐색을 시작하는 단계, 상기 무인 비행체 군집이 현재 위치를 기준으로 데이터를 수집하는 단계, 상기 무인 비행체 군집이 현재 위치에서 데이터 수집도가 기준값 미만인 경우, 상기 관심 지역에서 이동가능한 후보 위치에 대한 점수를 결정하고, 상기 점수를 기준으로 최종 후보 위치로 이동하는 단계 및 상기 무인 비행체 군집이 상기 무인 비행체 군집의 중심의 데이터 신선도와 상기 무인 비행체 군집의 양쪽 말단들의 데이터 신선도를 비교하여, 상기 중심의 데이터 신선도가 상기 말단들 중 적어도 하나의 데이터 신선도보다 작은 경우 제2 대각 대형으로 변경하는 단계를 포함한다.

[0006] 관심지역을 탐색하는 무인 비행체 시스템은 복수의 무인 비행체를 포함하는 무인 비행체 군집을 포함한다. 상기 무인 비행체 군집은 대각 대형을 이루고, 상기 복수의 무인 비행체 중 상기 대각 대형의 중심에서 가장 가까운 어느 하나의 무인 비행체가 상기 무인 비행체 군집의 대형 및 이동 경로를 제어한다.

발명의 효과

[0007] 이하 설명하는 기술은 UAV 군집이 관심 지역을 효과적으로 탐색하기 위한 경로 및 비행 대형을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 관심지역 이동하는 UAV 군집에 대한 예이다.

도 2는 대각 대형의 UAV 군집이 대형을 변경하는 예이다.

도 3은 대각 대형의 UAV 군집이 이동하는 영역에 대한 예이다.

도 4는 관심 지역에서 UAV 군집의 이동 위치를 결정하는 예이다.

도 5는 UAV 군집에서 관심지역을 탐색하는 과정에 대한 순서도의 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하 설명하는 기술은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시례를 가질 수 있는 바, 특정 실시례들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 이하 설명하는 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이하 설명하는 기술의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0010] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않으며, 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 이하 설명하는 기술의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0011] 본 명세서에서 사용되는 용어에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 해석되지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함한다" 등의 용어는 설명된 특징, 개수, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 의미하는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 개수, 단계 동작 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0012] 도면에 대한 상세한 설명을 하기에 앞서, 본 명세서에서의 구성부들에 대한 구분은 각 구성부가 담당하는 주기능 별로 구분한 것에 불과함을 명확히 하고자 한다. 즉, 이하에서 설명할 2개 이상의 구성부가 하나의 구성부로 합쳐지거나 또는 하나의 구성부가 보다 세분화된 기능별로 2개 이상으로 분화되어 구비될 수도 있다. 그리고 이하에서 설명할 구성부 각각은 자신이 담당하는 주기능 이외에도 다른 구성부가 담당하는 기능 중 일부 또는 전부의 기능을 추가적으로 수행할 수도 있으며, 구성부 각각이 담당하는 주기능 중 일부 기능이 다른 구성부에 의해 전담되어 수행될 수도 있음은 물론이다.

[0013] 또, 방법 또는 동작 방법을 수행함에 있어서, 상기 방법을 이루는 각 과정들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 과정들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.

[0015] 이하 설명하는 기술은 UAV 군집을 이용하여 관심지역의 정보를 수집하는 기법을 제공한다. 이하 설명하는 기술은 UAV 군집의 대형(formation) 결정과 UAV 군집의 비행 경로 결정이 주요한 이슈이다.

[0017] 도 1은 관심지역 이동하는 UAV 군집에 대한 예이다.

[0018] UAV 군집을 설명하기 위한 시스템 구조 및 가정을 설명한다. UAV 군집 이동에서 에너지(배터리) 소비 및 장애물 충돌 같은 문제는 없다고 가정한다.

[0019] 관심 지역은 사각형 형태이고, 사각 그리드들로 구분된다고 가정한다. 그리드는 셀(cell)을 구성한다. 이동 경로는 연속적인 셀의 식별자들로 정의될 수 있다. UAV는 그리드가 구성하는 정점을 따라 이동한다고 가정한다. UAV는 4가지 방향(동, 서, 남, 북) 중 어느 하나로 이동할 수 있다.

[0020] UAV는 스스로 본인의 위치를 파악할 수 있고, 일정한 통신 반경에서 무선통신을 할 수 있다고 가정한다. 무선통신은 3G/LTE와 같은 이동통신 네트워크, IEEE 802.11, IEEE 802.15.4 등과 같은 다양한 통신 기법 중 어느 하나일 수 있다.

[0021] UAV들은 사전에 설정된 대형 정보에 따라 각각 자신의 위치를 결정하여 전체 UAV 군집이 일정한 대형을 구성할

수 있다. 또한, UAV 군집은 대형 변경 명령에 따라 특정한 대형으로 변경할 수도 있다. 도 1의 A는 하나의 대형을 이루는 UAV 군집의 예이다. 도 1의 B는 다른 대형을 이루는 UAV 군집에 대한 예이다.

[0022] 한편, UAV 군집은 일정한 비행 경로를 갖는데, UAV 군집에서 경로의 기준은 대형의 중심이라고 가정한다. 도 1의 C 및 도 1의 D와 같이 해당 UAV 군집이 이루는 대형의 중심(점으로 표시)을 기준으로 UAV 군집의 비행 경로가 정의될 수 있다.

[0023] UAV는 관심지역을 이동하면서 관심지역에 위치한 다른 객체와 통신할 수 있다. UAV는 다른 객체로부터 일정한 정보를 수신하여 저장 매체에 저장할 수 있다. UAV는 다른 UAV 또는 다른 그룹에 속한 UAV를 만나면 서로 보유한 정보를 교환할 수 있다. 여기서 그룹은 하나의 UAV 군집을 구성하는 UAV들을 의미한다.

[0024] 비행 초기부터 UAV들이 하나의 대형을 이루어 비행할 수 있다. 나아가, UAV들이 비행 중 만나는 경우, UAV들이 대각 대형인 UAV 군집을 이루어 비행할 수 있다.

[0026] UAV 군집의 대형

[0027] UAV 군집은 K개의 UAV들로 구성된다고 가정한다. $K \geq 2$ 이다. UAV의 서비스 가능 영역은 a_s 라고 하자. UAV의 통신 반경(센싱 반경)이 r_s 이면, $a_s = \pi r_s^2$ 이다. UAV 군집은 하나의 단위 시간(타임 슬롯)에서 최대 $2r_s$ 만큼 이동 가능하다고 가정한다.

[0029] (1) 원형(circle) 대형

[0030] UAV 군집의 대형이 원형이면, K개의 UAV들은 대략 r_c 반경의 원 영역을 센싱할 수 있다. r_c 와 r_s 의 관계는 아래 수학적 1과 같다.

수학적 1

[0032]
$$\pi r_c^2 \approx K \cdot \pi r_s^2$$

[0034] 이때 UAV 군집의 반경 r_c 는 아래 수학적 2와 같다.

수학적 2

[0036]
$$r_c \approx \sqrt{K} \cdot r_s$$

[0038] 원형 대형의 경우, UAV 군집은 어떤 방향으로 이동하여도 획득하는 데이터 이득(data gain)은 동일하다. 원형 대형의 데이터 이득 G_{circle} 은 아래 수학적 3과 같다.

수학적 3

[0040]
$$G_{circle} = 2r_s \cdot 2r_c = 4r_s \cdot r_c \approx 4\sqrt{K} \cdot r_s^2$$

[0042] (2) 선형(straight) 대형

[0043] UAV 군집이 선형 대형을 이루는 경우, 위(N)와 아래(S) 방향 이동의 데이터 이득이 동일하고, 오른쪽(E)과 왼쪽(W) 방향 이동이 데이터 이득이 동일하다. 선형 대형의 방향이 수평(도 1의 D)이면, UAV 군집의 데이터 이득은 아래 수학적 4와 같다.

수학식 4

$$G_{straight} = \begin{cases} K \cdot a_s = K \cdot \pi r_s^2 & \text{if upward or downward} \\ a_s = \pi r_s^2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

하지만, UAV 군집이 대형을 이룬 선형 방향과 평행한 방향으로 이동한다면, UAV 군집의 센싱 영역은 하나의 UAV의 센싱 영역과 동일하다.

(3) 대각(diagonal) 대형

대각 대형인 UAV 군집은 두 가지 형태가 있다. 하나는 우측 상향 대각(down-left-to-up-right)이고, 다른 하나는 도 1의 C와 같은 좌측 상향 대각(up-left-to-down-right)이다. 대각의 각도는 수평선(또는 수직선) 기준 45도라고 전제한다. 대각 대형인 UAV 군집의 데이터 이득은 아래 수학식 5와 같다.

수학식 5

$$G_{diagonal} = K \cdot a_s = K \cdot \pi r_s^2$$

아래 표 1은 전술한 원형 대형, 선형 대형 및 대각 대형에 대한 이동 방향에 따른 데이터 이득을 표시한다.

표 1

	Upward	Downward	Rightward	Leftward
Circle	$4\sqrt{K} \cdot r_s^2$			
Straight	$K\pi r_s^2$		πr_s^2	
Diagonal	$K\pi r_s^2$			

표 1을 살펴보면, 방향에 관계없이 대각 대형이 선형 대형과 동일하거나 더 큰 데이터 이득을 갖는 것을 알 수 있다. 또한, 아래 수학식 6의 조건일 때 대각 대형이 원형 대형보다 더 큰 데이터 이득을 갖는다.

수학식 6

$$\begin{aligned} K \cdot \pi r_s^2 &> 4\sqrt{K} \cdot r_s^2 \\ &\equiv \sqrt{K} \geq \sqrt{2} > \frac{4}{\pi} \quad (\times \sqrt{K} \cdot \pi r_s^2) \\ &\equiv K \geq 2 \end{aligned}$$

따라서, UAV 군집은 대각 대형을 이루는 것이 관심지역 탐색에 있어서 유리하다. 이하 UAV 군집은 기본적으로 대각 대형을 이루면서 비행한다고 가정한다. 대각 대형은 전술한 바와 같이 좌측 상향 대각과 우측 상향 대각 있다. 설명의 편의를 위하여 2개의 대각 대형 중 어느 하나는 제1 대각 대형이라고 하고, 다른 하나는 제2 대각 대형이라고 명명한다.

한편, UAV 군집에서 UAV들 사이의 센싱 영역 중복을 최소화하기 위하여, 대각 대형을 이루는 인접한 UAV들 사이의 거리는 UAV의 센싱 가능 거리의 두 배인 것이 바람직하다.

외부 객체(제어 센터)가 UAV 군집의 대형 변경이나, 이동 경로를 결정할 수 있다. 또한, UAV 군집 스스로 대형 변경이나 이동 경로를 결정할 수도 있다. 이하, 관심지역에 인프라(infrastructure)가 없는 상황을 가정하여, UAV들이 대형 변경 및 이동을 제어한다고 가정한다. UAV 군집들은 복수의 UAV로 구성되는 하나의 시스템에 해당

한다.

[0062] UAV 군집은 대형의 중심점에서 가장 가까운 UAV를 해당 군집의 마스터 UAV로 선택한다. 마스터 UAV는 UAV 군집의 대형을 결정한다. 이때, 마스터 UAV는 초기 대형을 구성하거나 대형을 변경하기 위한 전체 UAV들의 이동 거리가 가장 짧은 대형을 군집의 대형으로 결정할 수 있다. 마스터 UAV는 대형을 이루기 위한 UAV들의 위치를 연산하고, 위치를 전달할 수 있다. 정보 전달은 직접 또는 애드혹 네트워크를 통해 전달할 수 있다. 또한, 특정 대각 대형을 이룬 UAV들은 동일한 대형의 경우 각 UAV들의 상대적인 위치를 유지할 수 있다. UAV 그룹에서의 대형 결정은 아래 표 2의 알고리즘으로 정리할 수 있다.

표 2

Algorithm formation() by a Connected UAV Group
1: Input: <i>this</i> : This UAV, <i>t</i> : Current time, <i>uavGroup(this)</i> : UAV group which this UAV belongs to
2: Output: <i>nextGridpointToVisit</i> // I. Select master UAV among group members
3: for all UAV <i>u</i> $\in$ <i>uavGroup(this)</i> do
4: calculate distance center;
5: set master UAV;
6: end for // II. Find destination for new formation shape
7: if <i>this</i> == masterUAV then
8: Select next formation shape
9: Calculate relocation positions of each UAV in <i>uavGroup(this)</i> ;
10: Pass the relocation position to each UAV in <i>uavGroup(this)</i> ;
11: end if // III. Move to relocation position
12: if currentPosition != relocationPosition(<i>this</i>) then
13: Randomly chose left x, y grid coordinate toward relocationPosition(<i>this</i>);
14: Move selected grid coordinate;
15: end if

[0064]

[0066] 도 2는 대각 대형의 UAV 군집이 대형을 변경하는 예이다. 도 2(A)는 제1 대각 대형으로 비행하는 예이다. 화살표 방향이 UAV 군집의 비행 방향을 나타낸다. 도 2(A)를 살펴보면, 좌측 하단 영역은 탐색하기 어려운 것을 알 수 있다. 따라서, UAV 군집은 비행 중 현재의 제1 대각 대형을 제2 대각 대형으로 변경할 필요가 있다. 도 2(B)는 제2 대각 대형으로 변경하여 비행하는 예이다. 도 2(B)와 같이 UAV 군집이 제2 대각 대형으로 이동하면 우측 하단의 영역도 탐색이 가능하다. 따라서, UAV 군집이 대각 대형으로 이동하는 경우 서로 다른 유형의 대각 대형으로 대형을 변경하는 것이 필요하다. 두 가지 방법을 사용할 수 있다. 하나는 주기적으로 대각 대형을 변경하는 방법이다. 다른 하나는 동적으로 대각 대형을 변경하는 방법이다.

[0068] 주기적 대형 변경

[0069] 마스터 UAV는 주기적으로 현재의 대각 대형을 다른 유형의 대각 대형으로 변경하도록 제어할 수 있다. 마스터 UAV는 현재 대각 대형을 90도(시계 방향 또는 반시계 방향) 변경하여 대각 대형의 유형을 변경할 수 있다.

[0071] 동적 대형 변경

[0072] 설명을 위해 UAV 군집이 이동하는 영역의 경계 영역을 영역 A와 영역 B로 구분한다. 도 3은 대각 대형의 UAV 군집이 이동하는 영역에 대한 예이다. 도 3(A)는 우측 상향 대각 대형의 UAV 군집에서 대형의 말단에 위치한 UAV

들이 위치하는 모서리 영역들(A 영역 및 B 영역)을 도시한다. 도 3(B)는 좌측 상향 대각 대형의 UAV 군집에서 대형의 말단에 위치한 UAV들이 위치하는 모서리 영역들(A 영역 및 B 영역)을 도시한다.

[0073] 동적 대형 변경을 위한 판단 기준에 대하여 설명한다.

[0074] 데이터 신선도(data freshness)는 UAV 군집이 현재 영역에서 수집한 데이터가 특정 시간을 기준으로 수신(또는 생성)된지 얼마나 되었는지를 나타내는 지표라고 가정한다. 시간 경과(age)는 UAV들 중 어느 하나가 가장 최근 수집한 데이터로부터 현재 시점까지 얼마나 시간이 지났는지로 정의한다. 데이터 신선도는 아래 수학적 식 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 7

[0076]
$$dataFreshness_t(c) = \alpha^{t-t_{last}(c)}$$

[0077] 수학적 식 7에서 t는 현재 시간을 나타내고, $t_{last}(c)$ 는 현재 셀 c에서 가장 최근 데이터를 수집한 시간(또는 업데이트한 시간)을 나타낸다. α 는 데이터 신선도 연산을 위한 단위 수치이다. α 는 0과 1사이의 실수값을 사용할 수 있다. 수학적 식 7은 시간 경과를 지수함수 형태의 패널티로 정의하였다. 따라서, 데이터 신선도는 현재 시간과 최근 데이터를 수신한 시간의 차이가 클수록(시간이 경과할 수록) 값이 작아진다.

[0078] 대각 대형 경우, UAV는 특정 모서리에 위치한 경계 영역의 셀을 탐색하기 어렵다. UAV 군집이 현재 위치한 영역에서 UAV 군집의 중심(center)보다 도 3에서 정의한 A 영역 또는 B 영역에서 데이터 신선도의 값이 일정값 이상 높다면, UAV 군집은 대각 대형은 다른 형태의 대각 대형으로 변경한다. 즉, UAV 군집이 현재 제1 대각 대형이면, 제2 대각 대형으로 변경한다.

[0079] 예컨대, UAV 군집은 아래 수학적 식 8 및 수학적 식 9를 기준으로 대형 변경을 결정할 수 있다. 대형 변경은 전술한 바와 같이 마스터 UAV가 제어할 수 있다.

수학적 식 8

[0081]
$$\overline{dataFreshness_t(c_{AreaA})} > \overline{dataFreshness_t(c_{center})}$$

수학적 식 9

[0082]
$$\overline{dataFreshness_t(c_{AreaB})} > \overline{dataFreshness_t(c_{center})}$$

[0084] 수학적 식 8과 9에서 t는 현재 시간이고, c_{AreaA} 및 c_{AreaB} 는 도 3에서 설명한 대각 대형의 말단에 위치한 영역을 의미한다. 한편, 해당 말단 영역은 모서리에 위치한 4각형의 크기로 정의하거나, 말단의 UAV(예컨대, 1개 또는 2개)의 통신 반경에 위치한 셀로 정의할 수도 있다. c_{center} 는 대각 대형의 중심을 말한다.

[0085] UAV 군집은 수학적 식 8 &(and) 수학적 식 9를 조건으로 대각 대형을 변경할 수 있다. 또는 UAV 군집은 수학적 식 8 | (or) 수학적 식 9를 조건으로 대각 대형을 변경할 수도 있다. & 및 |는 각각 논리 연산자 "and"와 "or"를 나타낸다.

[0086] 나아가, UAV 군집은 대각 대형의 데이터 신선도와 대형 말단의 데이터 신선도의 차이가 기준값(사전에 설정되는 특정 수치값) 이상인 경우, 대각 대형을 변경할 수도 있다.

[0088] UAV 군집은 전체 관심지역을 탐색해야 한다. 따라서, 대형 변경과 별개로 UAV 군집의 이동 경로 결정도 중요하다. UAV 군집의 위치는 대형의 중심이 위치한 특정한 정점(도 1에서 그리드가 구성하는 정점)으로 결정한다.

[0089] UAV 군집의 이동은 (i) 현재 방문한 정점에서의 데이터 신선도 및 (ii) 현재 정점에서 이동할 후보 정점까지의 거리를 고려하여 결정할 수 있다.

[0090] UAV 또는 UAV 군집이 현재 위치(정점)에서 예측되는 데이터 수집도(data utility)는 아래 수학적식 10과 같이 표현할 수 있다. 현재 UAV 군집이 위치한 영역 전체에서 데이터 신선도의 값이 낮다면, 데이터 수집도가 높다고 할 수 있다. 데이터 수집도는 현재 시간 t 에서 각 셀에서 연산한 " $1 - \text{dataFreshness}$ "를 누적한 값으로 표현할 수 있다.

수학적식 10

$$\text{dataUtility}_t(g) = \sum_{c \in \text{coverableCellList}(g)} (1 - \text{dataFreshness}_t(c))$$

[0092] 수학적식 10은 UAV 군집의 모든 UAV를 기준으로 센싱 가능한 셀에서 " $1 - \text{dataFreshness}_t(c)$ "를 합산한 값이다.

[0093] 도 4는 관심 지역에서 UAV 군집의 이동 위치를 결정하는 예이다. 도 4는 2개의 UAV로 구성된 UAV 군집에 대한 예이다. 도 4에서 각 셀에 표시한 수치는 데이터 신선도이다. 도 4에 도시하지 않은 관심지역 밖의 영역은 데이터 수집도가 0이라고 가정한다.

[0094] UAV 군집은 현재 위치에서 데이터 수집도가 낮다면 다른 위치로 경로를 결정할 수 있다. UAV 군집은 현재 위치에서의 데이터 수집도가 기준값 미만인 경우, 이동할 후보 위치를 결정할 수 있다. 예컨대, UAV 군집은 현재 위치에서 데이터 수집도가 0이 되면 후보 위치를 결정할 수 있다.

[0095] UAV 군집은 후보 위치를 결정할 때 데이터 수집도 및 후보 위치로의 이동 거리를 고려한다. 이동 거리의 크기는 패널티로 작용한다. 아래 수학적식 11은 UAV 군집이 이동할 후보 위치를 결정하기 위한 우선순위 점수(priorityScore)를 나타낸다.

수학적식 11

$$\text{priorityScore}_t(g) = \text{dataUtility}_t(g) - \beta \cdot D(g_{\text{cur}}, g)$$

[0100] $\text{priorityScore}_t(g)$ 는 현재 시간 t 에서 이동할 후보 위치 g 에 대한 점수를 나타낸다. β 는 패널티 인자이다. $D(g_{\text{cur}}, g)$ 는 현재 정점 g_{cur} 에서 후보 위치 g 까지 이동하는데 필요한 에지 개수의 합이다.

[0101] 마스터 UAV가 관심지역의 모든 후보 위치에 대하여 수학적식 11의 우선순위 점수를 연산할 수 있다. 물론, 이를 위하여 마스터 UAV는 이동하는 위치에 대한 데이터 수집도를 저장해야 한다. 만약, 동일한 우선순위 점수를 갖는 복수의 후보 위치들이 있다면, 마스터 UAV는 임의의 위치를 선택할 수 있다.

[0102] UAV 군집의 이동 경로 결정 과정은 아래 표 3의 알고리즘과 같다.

표 3

Algorithm traversal() by a Connected UAV Group

```

1: Input: this: This UAV, t: Current time, uavGroup(this):
   UAV group which this UAV belongs to
2: Output: nextGridpointToVisit
   // I. Find a new destination only when there is no desig-
   nated destination
3: if isEmpty(dest) == true then
4:   Calculate dataFreshnesst, dataUtilityt, and
     priorityScoret;
5:   if there are multiple grid points with the maximum
     priorityScore then
6:     Randomly select one grid point among them and
       update dest;
7:   else
8:     dest = a grid point with the maximum
       priorityScore;
9:   end if
10: end if
   // II. Find a next passing grid point toward the selected
   destination
11: Calculate the number of edges in the xy grid coordinate
    toward dest;
12: passingGridpoint = a passing grid point on the shortest
    path toward dest;
13: if there are multiple passingGridpoint then
14:   Randomly select one among them and update
     passingGridpoint;
15: else
16:   nextGridpointToVisit = passingGridpoint;
17: end if

```

[0104]

[0105]

도 4에서 UAV 군집의 현재 위치 (2,3)에서 데이터 수집도가 0이다. 마스터 UAV는 UAV 군집이 이동할 후보 위치에 대한 데이터 수집도를 연산한다. 2개의 UAV로 구성된 UAV 군집에서 마스터 UAV(2개 중 하나의 UAV)는 데이터 수집도와 이동 거리를 기준으로 수학적 11의 우선순위 점수를 연산한다. UAV 군집이 (5,4)에 위치한다면 데이터 수집도는 $8 \times (1-0) = 8$ 이다. 마스터 UAV는 가장 우선순위 점수가 높은 (5,4) 위치로 UAV 군집의 위치를 이동할 수 있다.

[0107]

도 5는 UAV 군집에서 관심지역을 탐색하는 과정(500)에 대한 순서도의 예이다. UAV 군집이 관심지역에서 일정한 대각 대형을 이루어 출발점에서 이동을 시작한다(110). UAV 군집은 현재 위치에서 데이터를 수집한다(120). 마스터 UAV는 현재 위치에서 데이터 수집도가 사전에 설정한 기준값보다 낮은지 확인한다(130). 데이터 수집도가 기준값 이상이라면, 마스터 UAV는 대형의 중심에서의 데이터 신선도가 대형의 말단에서의 데이터 신선도보다 낮은지 확인한다(140). 대형의 변경 기준이 전술한 수학적 8 및 수학적 9인 경우이다.

[0108]

현재 대형의 중심에서의 데이터 신선도가 대형의 말단에서의 데이터 신선도보다 작지 않다면, 관심지역 탐색이 종료되었는지 확인한다(150). 탐색이 종료되지 않았다면, 현재 위치에서 데이터 수집을 계속한다.

[0109]

현재 대형의 중심에서의 데이터 신선도가 대형의 말단에서의 데이터 신선도보다 작다면(140의 YES), 마스터 UAV는 대각 대형을 다른 유형으로 변경한다(160). 예컨대, 마스터 UAV는 현재의 제1 대각 대형에서 제2 대각 대형으로 대형을 변경한다. 대형을 변경한 후 현재 위치에서 데이터 수집을 계속한다.

[0110]

현재 위치에서 데이터 수집도가 사전에 설정한 기준값보다 낮다면(130의 YES), 마스터 UAV는 이동할 수 있는 후

보 위치들에 대한 우선순위 점수를 결정하고, 점수의 값이 가장 높은 위치를 이동할 최종 위치로 결정한다 (170). UAV 군집은 새로운 위치로 이동(170)하여 데이터 수집을 한다.

[0112] 또한, 상술한 바와 같은 데이터 신선도 연산 방법, 데이터 수집도 연산 방법, UAV 군집의 대형 변경 방법 및 UAV 군집의 경로 결정 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 실행가능한 알고리즘을 포함하는 프로그램(또는 어플리케이션)으로 구현될 수 있다. 상기 프로그램은 일시적 또는 비일시적 판독 가능 매체(non-transitory computer readable medium)에 저장되어 제공될 수 있다.

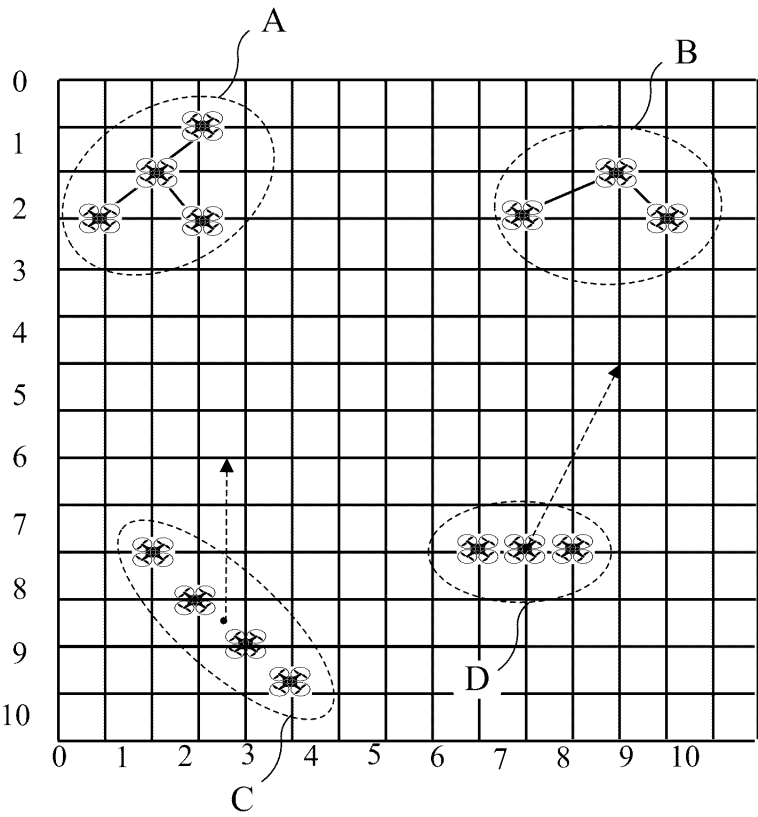
[0113] 비일시적 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상술한 다양한 어플리케이션 또는 프로그램들은 CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM (read-only memory), PROM (programmable read only memory), EPROM(Erasable PROM, EPROM) 또는 EEPROM(Electrically EPROM) 또는 플래시 메모리 등과 같은 비일시적 판독 가능 매체에 저장되어 제공될 수 있다.

[0114] 일시적 판독 가능 매체는 스태틱 램(Static RAM, SRAM), 다이내믹 램(Dynamic RAM, DRAM), 싱크로너스 디램(Synchronous DRAM, SDRAM), 2배속 SDRAM(Double Data Rate SDRAM, DDR SDRAM), 증강형 SDRAM(Enhanced SDRAM, ESDRAM), 동기화 DRAM(SyncLink DRAM, SLDRAM) 및 직접 램버스 램(Direct Rambus RAM, DRRAM) 과 같은 다양한 RAM을 의미한다.

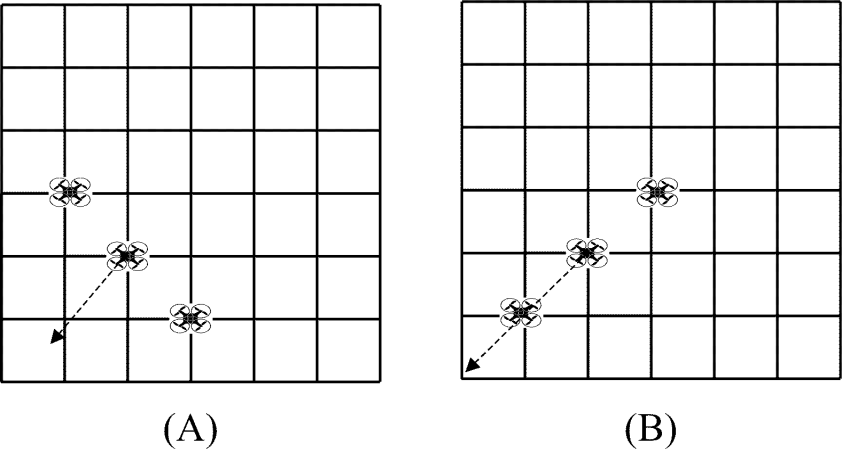
[0117] 본 실시예 및 본 명세서에 첨부된 도면은 전술한 기술에 포함되는 기술적 사상의 일부를 명확하게 나타내고 있는 것에 불과하며, 전술한 기술의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형 예와 구체적인 실시예는 모두 전술한 기술의 권리범위에 포함되는 것이 자명하다고 할 것이다.

도면

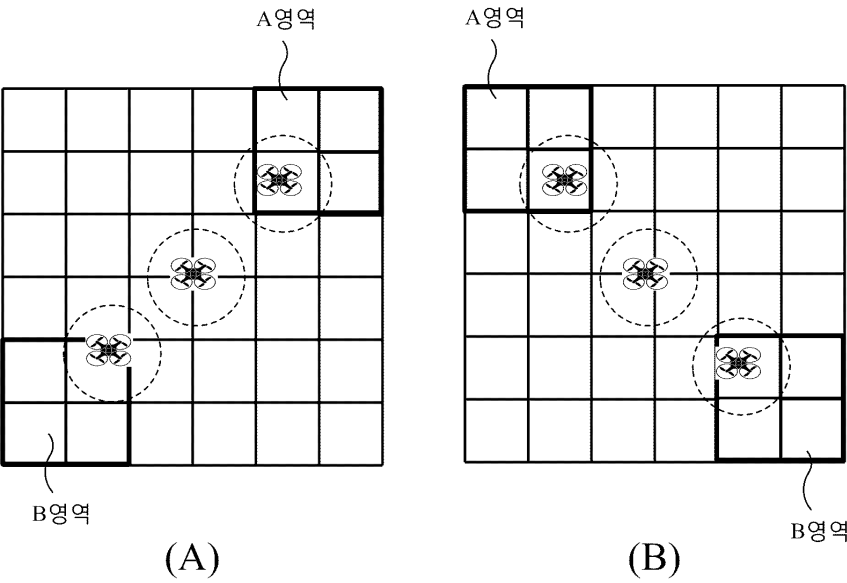
도면1



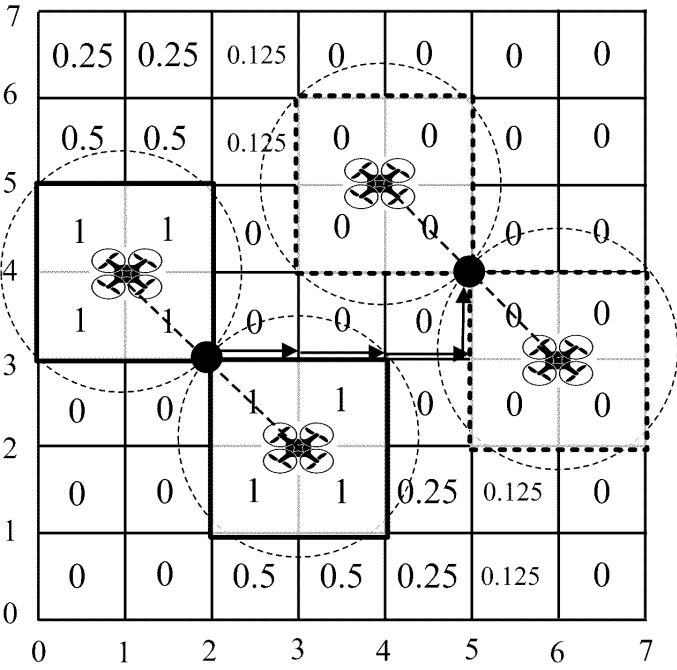
도면2



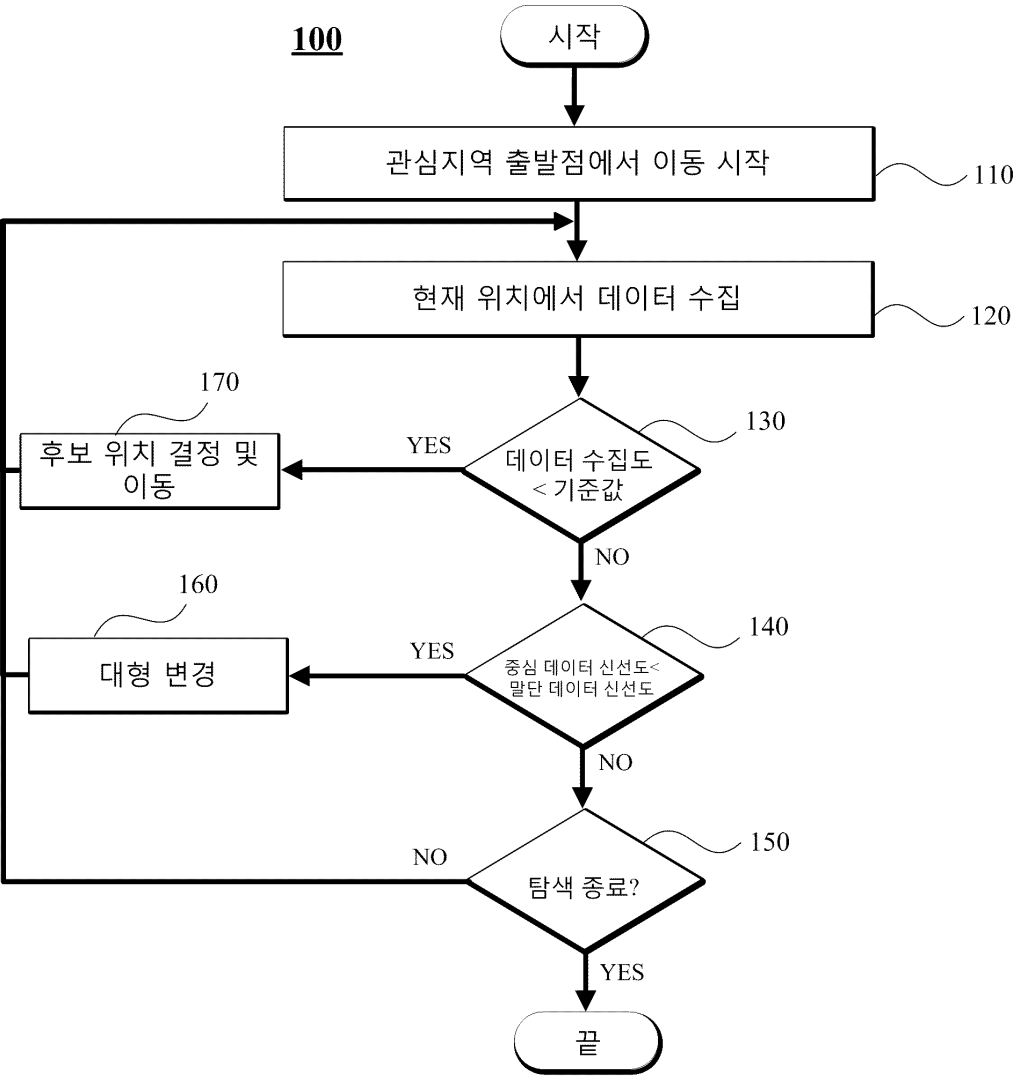
도면3



도면4



도면5



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 7

【변경전】

복수의 무인 비행체를 포함하는 무인 비행체 군집을 포함하되,

상기 무인 비행체 군집은 대각 대형을 이루고, 상기 복수의 무인 비행체 중 상기 대각 대형의 중심에서 가장 가까운 어느 하나의 무인 비행체가 상기 무인 비행체 군집의 대형 및 이동 경로를 제어하고,

상기 어느 하나의 무인 비행체는

상기 무인 비행체 군집의 중심의 데이터 신선도와 상기 무인 비행체군집의 양쪽 말단들의 데이터 신선도를 비교하여, 상기 중심의 데이터 신선도가 상기 말단들 중 적어도 하나의 데이터 신선도보다 작은 경우 제2 대각 대형으로 변경하도록 제어하고,

상기 무인 비행체 군집이 현재 위치에서 데이터 수집도가 기준값 미만인 경우, 상기 관심 지역에서 이동가능한 후보 위치에 대한 점수를 결정하고, 상기 점수를 기준으로 최종 후보 위치로 이동하게 제어하는 관심 지역을 탐색하는 무인 비행체 시스템.

【변경후】

복수의 무인 비행체를 포함하는 무인 비행체 군집을 포함하되,

상기 무인 비행체 군집은 제1 대각 대형을 이루고, 상기 복수의 무인 비행체 중 상기 대각 대형의 중심에서 가장 가까운 어느 하나의 무인 비행체가 상기 무인 비행체 군집의 대형 및 이동 경로를 제어하고,

상기 어느 하나의 무인 비행체는

상기 무인 비행체 군집의 중심의 데이터 신선도와 상기 무인 비행체군집의 양쪽 말단들의 데이터 신선도를 비교하여, 상기 중심의 데이터 신선도가 상기 말단들 중 적어도 하나의 데이터 신선도보다 작은 경우 제2 대각 대형으로 변경하도록 제어하고,

상기 무인 비행체 군집이 현재 위치에서 데이터 수집도가 기준값 미만인 경우, 관심 지역에서 이동가능한 후보 위치에 대한 점수를 결정하고, 상기 점수를 기준으로 최종 후보 위치로 이동하게 제어하는 관심지역을 탐색하는 무인 비행체 시스템.